

Oportunidades pedagógicas de la visualización de información y de conocimiento en la formación universitaria

Pedagogical opportunities of the visualization of information and knowledge in university training

Alexander Gorina Sánchez¹, Isabel Alonso Berenguer², Antonio Salgado Castillo³ and Jorge Luis Masabó Parada⁴

¹ Centro Universitario Municipal Contramaestre, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, email: gorina@uo.edu.cu

² Departamento de Matemática, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, email: ialonso@uo.edu.cu

³ Departamento de Informática, Hospital General Docente "Dr. J. B. Zayas", Santiago de Cuba, Cuba, email: asalgadocastillo@gmail.com

⁴ Centro Universitario Municipal Contramaestre, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, email: jmasabo@uo.edu.cu

Abstract— In the present informational society, the visualization of information and knowledge makes it possible to achieve an effective representation, understanding and communication of the growing volume of information coming from diverse sources and the great variety of complex and abstract concepts that exist, all of which would be very difficult if we adopt only a verbal perspective. However, in Latin America, the potential of this field of science from the Pedagogical Sciences is not sufficiently exploited to influence the training of university professionals, which limits successful performance in certain informational tasks. In this paper, the notion of visualization of information and knowledge was developed and pedagogical opportunities were defined that help to enhance the information treatment and effective communication in the training framework of future university professionals.

Keywords— pedagogical opportunities, information visualization, knowledge visualization, informational task, university training.

I. INTRODUCCIÓN

La actual sociedad informacional se caracteriza por «una forma específica de organización social en la que la generación, el procesamiento y la transmisión de la información se convierten en las fuentes fundamentales de la productividad y del poder, debido a las nuevas condiciones tecnológicas que surgen en este periodo histórico» (Castells, 1997, p. 47). En consecuencia, toma especial relevancia la problemática de disponer de un volumen creciente de información compleja, como base para comprender y asimilar las constantes transformaciones que se producen en el entorno local y global (Gorina y Alonso, 2012).

En esta dirección cabe señalar que la visualización de información y de conocimiento constituye un importante campo de investigación que aporta procedimientos, principios y técnicas que ayudan a la identificación de patrones, correlaciones o agrupamientos de un gran volumen de información compleja, concreta o abstracta, y

estructurada o no, como base para lograr una mejor comprensión de la misma, generar conocimientos y lograr una efectiva comunicación y toma de decisiones (Torres, 2009).

En la actualidad existe un amplio consenso sobre las bondades de este novedoso campo para fortalecer el proceso de investigación en diversas ciencias (Andrews, 2016; Torres, 2009; Torres y Ponjuam (2010); Pierri, 2005; Spence, 2001). Sin embargo, a partir de estas bondades se espera un mayor número de trabajos investigativos en el ámbito internacional, encaminados a fundamentar su utilización desde el punto de vista pedagógico, como base para elaborar instrumentos didácticos que fortalezcan el trabajo informacional de los estudiantes universitarios, dando respuesta a las exigencias de la actual sociedad de la información.

En esta dirección debe señalarse que utilizando el buscador del Google Académico, se llevó a cabo una revisión de la producción científica sobre las categorías de *visualización de información* y *visualización de conocimiento* en su articulación con las *Ciencias Pedagógicas* o *Ciencias de la Educación*. Los resultados obtenidos indicaron que la mayoría de las contribuciones que se han realizado están en idioma inglés y que en los idiomas español y portugués el número es muy inferior, siendo los países con mayores aportaciones en estos dos últimos idiomas España, Portugal, Argentina, Colombia y Brasil.

Ahora bien, en cuanto a las contribuciones que se han realizado a las referidas categorías en el marco de las *Ciencias Pedagógicas* o *Ciencias de la Educación* en los lenguajes español y portugués, es más frecuente observar estudios orientados a la enseñanza de la Matemática, Ciencia de la Computación, Ingeniería Informática, Ingeniería Civil, Arquitectura, Diseño, Información Científico-Técnica y Bibliotecología, Artes Plásticas, Arte de los Medios de Comunicación Audiovisuales, que son carreras que su objeto de estudio está muy relacionado con lo visual. Sin embargo, debe precisarse que por la relevancia y potencialidades pedagógicas del campo

señalado es conveniente tomar conciencia sobre la necesidad de utilizar y adecuar sus resultados más relevantes al perfeccionamiento de procesos formativos de las restantes carreras universitarias, en función de garantizar en los futuros profesionales un desempeño exitoso en la resolución de diversos problemas informacionales.

En el caso particular de Cuba, sobresalen algunos estudios de visualización de información y de conocimiento desde la óptica de la Ciencia de la Información, entre los que se destacan Torres (2009), Torres y Ponjuam (2010), Torres (2010). Precisamente este último es un estudio doctoral en el que se concluye, para el caso de la citada ciencia, que «(...) debe priorizarse en la formación el enfoque en la visualización de dominios de conocimiento, orientado al estudio de la ciencia y la naturaleza de las actividades científicas, con énfasis en la investigación multidisciplinar» (Torres, 2010, p. 224).

Debe señalarse que para el caso de Cuba, fue posible recuperar mediante el buscador del Google Académico dos estudios que utilizan explícitamente las categorías *visualización de información* o *visualización de conocimiento* en su articulación con las *Ciencias Pedagógicas* o *Ciencias de la Educación*. En esta dirección sobresale el trabajo de Clemente et al. (2015), en el que se presentan sugerencias didácticas para optimizar el *reconocimiento visual de palabras* en texto no lineal, empleado en presentaciones visuales dentro de procesos de enseñanza-aprendizaje; y el trabajo de Ojeda et al. (2008), en el cual se expone el concepto de *aprendizaje visual*, la descripción de los organizadores gráficos más utilizados y su posible aplicación según los objetivos de aprendizaje, así como las características de la herramienta informática *Inspiration* y ejemplos de organizadores gráficos creados con fines didácticos utilizando dicha herramienta.

Las insuficientes referencias teóricas y metodológicas detectadas en el ámbito latinoamericano y en particular en Cuba, a pesar de la relevancia que tiene el campo de la visualización para las Ciencias Pedagógicas, motivaron a delimitar como objetivo del presente trabajo, la fundamentación de la visualización de información y de conocimiento, como base para la precisión de las oportunidades pedagógicas que brindan estas categorías para potenciar el tratamiento de información y su comunicación efectiva, en el marco formativo de los futuros profesionales universitarios.

II. DESARROLLO

En el desarrollo del trabajo se realiza una caracterización de la visualización de información y de conocimiento, precisándose las categorías de visualización cognitiva, tecnológica y comunicativa, así como los errores más comunes que se pueden cometer al utilizarlas.

Por último, se plantean algunas oportunidades pedagógicas para aplicarlas.

A. La visualización de información y de conocimiento

La visualización de información ha evolucionado como un acercamiento para hacer inteligible a las grandes cantidades de información compleja. Una visualización de información es una interfaz visual de la información que crea el individuo con el objetivo de propiciar una comprensión profunda de la misma (Spence, 2001). El método básico consiste en generar representaciones visuales interactivas de la información, como base para la explotación de las capacidades de percepción del sistema visual humano y para las capacidades interactivas de resolución de problemas cognitivos (Ware, 2004).

Cabe señalar que la vista humana contiene millones de fotoreceptores y es capaz de realizar un rápido procesamiento en paralelo y un reconocimiento de patrones (Ware, 2004). El ancho de banda de la vista es impresionante y funciona para la mente humana como canal de comunicación para la transferencia eficiente de datos. Con todo y eso, un beneficio más importante es la habilidad humana para razonar y pensar visualmente acerca de los datos y extraer conocimiento del más alto nivel, o comprensión profunda, más allá de la simple transferencia de datos (Card, Robertson y York, 1999). Este mecanismo permite a los individuos inferir y desarrollar modelos mentales de los fenómenos reales representados por los datos.

La visualización de información y de conocimiento examinan las habilidades humanas de procesar representaciones visuales. En la primera el conocimiento puede generarse a partir de la exploración de grandes volúmenes de datos, al encontrar representaciones más accesibles que facilitan una recuperación y acceso a la información de forma eficiente. Mientras que en la segunda, la creación y transferencia de conocimientos entre personas, se soporta en el conocimiento de medios que expresan lo que debe conocerse y comunicarse de manera intensiva y efectiva (Torres, 2009).

Por tanto, se puede afirmar que la visualización de la información ayuda a la interacción humano-computadora y humano-entorno, mientras que la visualización del conocimiento se utiliza, esencialmente, para la comunicación entre individuos (Torres, 2010). La importancia de ambos reside en la posibilidad de representar de manera visual la información significativa de un mayor volumen de datos, así como una mayor cantidad de conceptos complejos y abstractos que los que se pudieran representar exclusivamente de manera verbal.

La visualización de la información se focaliza en las visualizaciones bidimensionales, tridimensionales, multidimensionales, temporales, jerárquicas o de red (Pierri, 2005). En el caso de la visualización de conocimiento se circunscribe principalmente a las

visualizaciones bidimensionales, aunque actualmente existe la tendencia a integrar en las representaciones conceptos de conocimiento, contenidos de conocimiento y recursos de conocimiento, de aquí que las representaciones multidimensionales comienzan a tener utilidad en este tipo de visualización (Torres, 2009).

Un ejemplo de lo anterior son los Sistemas de Realidad Virtual (VRS), que integran varios tipos de representaciones visuales, potenciando el desarrollo de determinadas habilidades según la función para la que se emplee y se diseñe, ya sea en el campo educacional, médico o de los juegos (Pedraza et al., 2015).

Por otro lado, debe precisarse que el campo de conocimiento relacionado con la visualización suele clasificarse de acuerdo con un enfoque de aplicación, donde las categorías no son mutuamente excluyentes y tienen fronteras sumamente borrosas y superpuestas. Las categorías más utilizadas son:

- Visualización científica (SciVis: Scientific Visualization): destinada a comprender de manera más eficiente los fenómenos físicos a partir de grandes volúmenes de datos, generalmente parte de datos cuyas variables son intrínsecamente espaciales (Torres, 2009; Torres, 2010; Andrews, 2016).
- Visualización del software (SoftVis: Software Visualization): dirigida a comprender y utilizar el software con efectividad, investiga dos tipos fundamentales: herramientas de visualización de programas (código fuente), para mantener, comprender, perfeccionar y depurar el software, y algoritmos de animación, empleados fundamentalmente para motivar el aprendizaje (Keim, 2002; Torres, 2009; Torres 2010; Stephen et al., 2012).
- Visualización de información (InfoVis: Information Visualization): para identificar patrones, correlaciones o agrupamientos de un volumen grande de información compleja, estructurada o no (Keim, 2002; Ware, 2004; Brandes, Kenis y Raab, 2005; Torres, 2009; Torres, 2010; Andrews, 2016).
- Visualización geográfica (GeoVis: Geographic Visualization): para comprender e identificar la información geográfica relevante, fundamentalmente a partir de mapas (Andrews, 2016; Torres, 2010).
- Visualización de conocimiento (KnowVis: Knowledge Visualization): para la creación y transferencia de conocimientos entre personas a partir de medios que expresan lo que debe conocerse y comunicarse de manera intensiva y efectiva (Ware, 2004; Torres, 2010; Monge, 2011; Martínez, 2012).
- Visualización de información y de conocimiento (InfoKnowVis: Information and Knowledge Visualization): Utilizada principalmente en los sistemas y ambientes de Realidad Virtual. Ya sea con propósitos médicos, educacionales o en los juegos. Integra ambos tipos de visualizaciones simultáneamente para crear interacciones humano-computadora, humano-ambiente y humano-humano, así como niveles de inmersión en la propia realidad virtual

(Monge et al., 2014; Pedraza et al., 2015; Corbetta, Imeri and Gatti, 2015; Small et al., 2015).

Estas categorías se solapan porque a pesar de que los datos bases difieren, las técnicas utilizadas se correlacionan al combinar pistas visuales para descubrir patrones de comportamiento, utilizar la percepción humana iterativa para la comprensión y requerir un dominio de conocimiento sobre la dimensión de la parcela de la realidad investigada. En adición, en todas las categorías expuestas la elaboración de información y de conocimientos es un aspecto esencial que se apoya en diferentes tipos de visualizaciones (representaciones e interacciones).

Debe puntualizarse que existen diferentes modelos de visualización y que juegan un papel fundamental en el análisis teórico y aplicado de este campo, los que permiten identificar principios básicos y conceptos esenciales. Entre estos modelos se destacan los aportados por Williams, Sochats y Morse (1995), Ware (2004) y Van Wijk (2006), que consideran que el proceso de visualización debe transcurrir por una adecuada recolección de datos, la aplicación de técnicas para su transformación y disponer de especificaciones entendibles como base para la representación visual manejable. A su vez, debe permitir exploraciones en los datos para explotar el procesamiento cognitivo natural a través de la interacción con las imágenes obtenidas, todo lo cual de acuerdo al objetivo de visualización concebido, posibilita obtener nuevas perspectivas del fenómeno o proceso analizado (Torres, 2010).

Así, el modelo general de visualización aportado por Burkhard y Meier (2005) identifica y relaciona las características que potencian un exitoso comportamiento para la transferencia y creación del conocimiento desde las representaciones visuales.

Otro aspecto cardinal que posibilita una mejor comprensión y aplicación del campo de la visualización es el dominio de las leyes o principios de la Gestalt. Estos fueron formulados atendiendo a que la mente humana configura, a través de determinadas leyes o principios, diversos elementos que llegan a ella por medio de los canales sensoriales (percepción) o de la memoria (pensamiento, inteligencia y resolución de problemas).

La escuela psicológica de la Gestalt se ha identificado con el axioma: «El todo es mayor que la suma de sus partes», o sea, que la organización básica de lo que un individuo percibe se relaciona con una forma en la que este se concentra, que al mismo tiempo forma parte de un fondo más amplio, que contiene otras formas. Cabe señalar que entre las leyes o principios de la Gestalt sobresalen los siguientes (Leonardo, 2004; Martín, 2011):

- *Principio de la pregnancia o simplicidad*: la tendencia de la actividad mental a la abstracción dentro de la mayor simplicidad, el individuo organiza sus campos perceptuales con rasgos simples y regulares y tiende a buenas formas.

- *Principio de la proximidad*: los individuos tienden a percibir los elementos juntos en el espacio y en el tiempo como constituyendo una unidad antes que los elementos alejados, mentalmente se realiza un agrupamiento parcial o secuencial de dichos elementos cercanos (basado en la distancia).
- *Principio de la semejanza o similitud*: los individuos tienden a ver elementos parecidos como partes de la misma estructura o clase, la mente agrupa los elementos similares en una entidad, la semejanza depende de la forma, el tamaño, el color y otros aspectos visuales.
- *Principio de la dirección*: los individuos tienden a ver las figuras en una dirección continua y fluida, lo que implica que los elementos que parecen construir un patrón o un flujo en la misma dirección se perciben como una figura.
- *Principio de la experiencia pasada o costumbre*: los individuos tienden a juntar los elementos conocidos y que formaron parte de experiencias anteriores; desde el punto de vista biológico, el propio sistema nervioso se ha ido formando por el condicionamiento del mundo exterior.
- *Principio de cerramiento*: en iguales circunstancias, los individuos tienden a captar más fácilmente como unidad o figura a las líneas que circundan una superficie, que aquellas otras que no contribuyen a darle bordes o límites definidos a los objetos.
- *Principio de la relación entre figura y fondo*: establece el hecho de que el cerebro no puede interpretar un objeto como figura o fondo al mismo tiempo, en dependencia de la percepción del objeto será la imagen a observar. El sujeto requiere de niveles de contraste para llegar a obtener información o de lo contrario está expuesto a un bloqueo temporal en la obtención de la misma.
- *Principio de la agrupación en función de una relación causa-efecto*: los individuos agrupan los elementos de un campo en función de su causa-efecto.
- *Principio de la preparación o expectativa*: los individuos organizan el campo visual en función de sus expectativas.

Desde estos principios antes señalados se concluye que la actividad mental no es una copia idéntica del mundo percibido, ya que la percepción se constituye en un proceso de extracción y selección de información relevante, encargada de generar un estado mental que permita el desempeño, dentro del mayor grado de racionalidad y coherencia posibles con el mundo circundante (Leonardo, 2004).

Los conceptos, modelos y principios esenciales vistos hasta aquí constituyen una fuente teórico-metodológica fértil que, desde una óptica transdisciplinar y por medio de una adecuada adaptación y contextualización, podrían servir a las Ciencias Pedagógicas para fundamentar nuevas competencias informacionales de los profesionales universitarios. Lo cual sería uno de los caminos legítimos para que esta ciencia siga adecuándose a las nuevas tendencias tecnológicas y digitales de la actual sociedad de

la información, convergiendo así a la denominada *Pedagogía Informacional* (Picardo, 2002).

B. Visualizaciones cognitiva, tecnológica y comunicativa

Desde una perspectiva *cognitiva* es ampliamente reconocida la importancia de crear representaciones visuales (imágenes), pues las mismas constituyen «un formato representacional decisivo para algunos procesos de resolución de problemas. El carácter dinámico y flexible de las imágenes las hace un instrumento idóneo para generar modelos espaciales que puedan dar lugar a auténticos descubrimientos» (de Vega, 2005, p. 216).

Debe señalarse además que existen estrechas conexiones funcionales entre las imágenes mentales y los procesos verbales. De modo que cuando un sujeto recibe estímulos verbales, estos pueden ser codificados simultáneamente con imágenes y palabras; a su vez los estímulos pictóricos (dibujos, objetos) también pueden codificarse de modo redundante en las dos modalidades. En particular, es relevante el hecho de que la generación de imágenes requiera necesariamente de un proceso de comprensión semántica (Kosslyn, Holyoak y Huffman, 1976), lo que sienta las bases para lograr una visualización significativa de los estímulos del medio ambiente en sus diferentes formatos.

Lo anterior se evidencia en los trabajos de Corbetta, Imeri y Gatti (2015) y Small et al. (2015), quienes demuestran la factibilidad y la importancia de la visualización de información y de conocimiento a través del uso de técnicas de realidad virtual, las que potencian la experimentación sensorial con la interacción entre humanos y las tecnologías informáticas.

Esto es posible, porque los aspectos dinámicos de la información son propiedades objetivas del ambiente, relativamente independientes del sistema perceptivo. Sin embargo, en la imagen mental las transformaciones son generadas por el propio sistema cognitivo, a través de un sistema de simulación analógico de ciertos parámetros y relaciones observados o potenciales del ambiente visual (Kandel, Schwartz y Jessell, 2000; de Vega, 2005, p. 231).

De manera que las sucesivas transformaciones de las imágenes mentales posibilitan diferentes niveles de representación de la información proveniente del ambiente, las que a partir de su exteriorización y manipulación interactiva sirven como base para la generación de información organizada o conocimiento, aportando una comprensión intuitiva que desencadena en un pensamiento analítico y una toma de decisiones objetiva.

Esta perspectiva cognitiva tiene una estrecha relación con la emergente *Pedagogía Informacional* (Picardo, 2002), al brindar un marco teórico fértil para utilizar la visualización de información y de conocimiento, para potenciar la resolución de problemas informacionales. De modo que esta última pueda implementarse

didácticamente como un componente dinamizador de los procesos de gestión de información (búsqueda, exploración, procesamiento, organización y presentación de información), a través de la realización de tareas informacionales (Monereo y Badia, 2012).

Por otro lado, es evidente que a partir del desarrollo mostrado actualmente en el software y hardware existen diversos sistemas computacionales de visualización que ayudan a la representación externa de la información. Esta perspectiva *tecnológica* se apoya en estudios sobre las interacciones que ocurren entre los humanos y las computadoras, que describen cómo las visualizaciones externas pueden amplificar, reforzar o aumentar la cognición (Torres, 2009). De modo que es posible, mediante la introducción de diversas técnicas, solucionar la problemática de la recuperación y análisis de un volumen creciente de información compleja, lo que resulta prometedor para los procesos científicos.

Una de estas técnicas, que en la actualidad ha cobrado mucha fuerza en la medicina, los juegos y la educación, es la generación de mundos virtuales en tres dimensiones (Small y otros, 2015). Esta tiene como centro la visualización de información y de conocimiento, trabajada simultáneamente. La interacción con el sistema computacional se consigue a través de diversos canales multisensoriales, donde priman la vista y el oído, aunque también influyen el tacto y el olfato, lo que determina que no sólo se visualice una determinada información, sino que esta pueda ser transformada en conocimiento (Monge y otros, 2014).

Si bien es cierto que existen diferentes sistemas computacionales de visualización y son diversas sus características, en su centro están los componentes principales de representación e interacción. Como acertadamente se señala en el trabajo de Yi et al. (2007), la representación con relación a la interacción ha captado la gran mayoría de la atención de las investigaciones que se han desarrollado, a pesar de los dos ser componentes centrales de los referidos sistemas de visualización computacional.

Este desequilibrio en las investigaciones sobre la visualización podría estar relacionado con el hecho de que los estudios sobre representación, desde un enfoque menos dinámico, proponen nuevas representaciones de un conjunto de datos a partir de sistemas computacionales. Mientras que los estudios sobre interacción necesitan de un enfoque más dinámico e inter y transdisciplinar para investigar la compleja interacción hombre-computador (Human Computer Interaction, HCI por sus siglas en inglés).

Los estudios sobre interacción brindan auténticas oportunidades a la Pedagogía, en su concurso por explicar, en esta compleja interacción hombre-computador, las formas óptimas para la determinación de los componentes didácticos (objetivo, métodos, procedimientos, evaluación, entre otros) orientados a un aprendizaje

significativo de la visualización de información y de conocimiento; lo que no niega que esta propia ciencia desde su cuerpo teórico pueda ayudar a valorar la efectividad didáctica de las representaciones logradas en los sistemas computacionales, para contenidos específicos.

Ahora bien, desde una perspectiva *comunicativa*, «la visualización se considera una tarea del proceso comunicativo, por medio del cual se transforman en mensajes visibles los datos abstractos y los fenómenos complejos de la realidad, lo que lleva a un proceso de descubrimiento del conocimiento» (Torres, 2009, p.164). De modo que la visualización desde esta perspectiva posibilita una comprensión del sentido latente de la información asociada a datos, procesos y fenómenos que no son directamente aprehensibles, centrándose tanto en el proceso como en los resultados.

Bajo esta perspectiva, la visualización de información y de conocimiento, cuando tiene su base en la comprensión de problemas de naturaleza compleja, utiliza diferentes representaciones en el hecho comunicativo, las que pueden articular formatos verbales y pictóricos, orientadas a desplegar diferentes estrategias para una comunicación efectiva.

La referida visualización posibilita elaborar mensajes (argumentos) a partir de la información óptima que aportan diferentes tipos de evidencias, hallazgos y niveles de construcción de la nueva información organizada que se desea comunicar, al relacionar, mediante abstracciones y generalizaciones, la información extraída de los datos concretos con las ideas teóricas, penetrando en una comunicación esencial y significativa del conocimiento informacional elaborado.

De modo que la selección de visualizaciones de información óptimas constituye en los procesos formativos universitarios un recurso metodológico al momento de intentar comunicar concisamente las ideas, ya sea para reafirmar o refutar una opinión, defender una solución, disipar una duda o apoyar una creencia, o bien, para justificar una decisión o descartar una opción (Gorina y Alonso, 2013). Las diferentes visualizaciones de información óptima constituyen la base objetiva para que el emisor conciba una adecuada estrategia comunicativa, pues de lo contrario se corre el riesgo de estar frente a un listado de argumentos inconexos (ruido) que no son comprendidos por el receptor.

En la perspectiva bajo análisis, al igual que en las ya presentadas (cognitiva y tecnológica), la Pedagogía está en condiciones de aprovechar las oportunidades que brinda la visualización de información y de conocimiento para enriquecer, desde el punto de vista didáctico, la enseñanza y aprendizaje de procesos comunicativos en el nivel universitario, especialmente los relacionados con las diferentes formas de comunicación científica, que exigen el cumplimiento de unos estándares de calidad y rigurosidad elevados (Gorina, et al., 2014).

Desde este ámbito pedagógico queda claro que «comunicar implica no sólo transmitir un mensaje mediante un código común sino, también, conocer en profundidad las necesidades del receptor al que va dirigido el mensaje» (Martínez, 2012, p. 2). En el trabajo citado se plantea que la introducción de ordenadores y cañones en las aulas ha obligado a los docentes a plantearse no sólo qué se ha de comunicar, sino también cómo hacerlo. Además, en el mismo se critica el uso indiscriminado de proyectores y presentaciones Power Point en la universidad, reconociendo que la innovación principal de estos medios ha consistido en facilitar la substitución del papel por las diapositivas, quedando dicho cambio muy por debajo de las expectativas de lo que debe plantearse la sociedad informacional.

C. Errores más comunes en la visualización

Si bien son numerosas las bondades del novedoso campo de la visualización, debe advertirse que su aplicación no puede ser arbitraria, pues se corre el riesgo de cometer errores. De aquí la necesidad de concebir y planificar adecuadamente el proceso formativo, el que debe contemplar sus aspectos técnicos, minimizando la cantidad de errores a ser cometidos por los futuros profesionales al diseñar u observar las visualizaciones de información y de conocimiento.

Consecuentemente, el examinar los riesgos potenciales y los errores más comunes, cometidos en la interpretación y en la creación de visualizaciones, tiene gran importancia para hacerles notar a los futuros profesionales universitarios la necesidad de desarrollar una adecuada cultura visual.

Si bien son diversos los trabajos que investigan los errores que se cometen en la visualización de información y de conocimiento, el trabajo de Bresciani y Eppler (2015) sobresale por hacer un estudio sistemático del tema, permitiendo una visión más abarcadora y profunda. En el mismo se brinda un listado de posibles riesgos de representación, con los correspondientes autores que han estudiado cada tipo de riesgo, así como una breve explicación o descripción. Sobre esta base, en la Tabla 1 se brinda una síntesis adaptada del referido listado.

Tabla 1. Riesgos de representación visual con una breve explicación.
[Fuente: Traducido de Bresciani y Eppler (2015, pp. 5-7)].

Inconveniente	Breve descripción
COGNITIVA (CODIFICANDO)	
Ambigüedad	Las notaciones visuales pueden contener símbolos sin etiqueta que pueden ser ambiguos, lo que dificulta la interpretación.
Ruptura de convenciones	La visualización puede usar reglas visuales o símbolos diferentes a los normalmente esperados.
Confusión	Las visualizaciones no tienen una lógica global evidente o el texto acompañante puede confundir a los espectadores.
Costo para hacer explícito	Las representaciones de diagramas exhiben información implícita en representaciones
	sentenciales, la que tiene que ser calculada, a veces a gran costo, para hacerla explícita para el uso.
Codificación encriptada	El formato visual usado para la representación de datos puede que no sea universalmente entendible y confunde a algunas audiencias.
Desenfocado	La visualización puede distraer a una persona de la meta principal que él o ella intenta lograr o enfatizar, al usar múltiples ítems al mismo tiempo.
Ocultamiento/ oscurecimiento	Una visualización puede esconder significados profundos que estén contenidos en los datos, por la forma en que éstos son representados gráficamente (ej., intercambiando la altura por la anchura, cambiando el punto de partida, o variando la proporción dimensional, etc.).
Inconsistencia	Una visualización puede hacer uso inconsistente de ciertos símbolos, por ejemplo, cambiando su función o significado, sin señalar este cambio.
Baja precisión	La visualización generalmente bosqueja información menos precisa que los números y las tablas.
Engañoso/ Distorsionador	Determinadas visualizaciones son concebidas en una forma que podrían guiar a conclusiones incorrectas.
Mal uso del fondo de figura	El fondo de figura y el contraste de la leyenda no están ilustrados correctamente.
No considera principio de Gestalt	Algunas visualizaciones no agrupan información relacionada (principio de la proximidad) o no representan el mismo tipo de información con los mismos signos (principio de la semejanza).
Excesivo determinismo	Una visualización es, por su naturaleza, esencialmente más específica que el texto, al esbozar conceptos y relaciones.
Excesiva/ baja apariencia de confiabilidad	Las visualizaciones muy pulidas les podrían impedir a los usuarios criticar el contenido, mientras que los bocetos promueven la revisión, al ser propuestas más provisionales.
Excesiva complejidad	La visualización bosqueja elementos en una manera más compleja que la necesaria.
Excesiva simplificación	Algunos bosquejos gráficos por simplificar información dejan fuera elementos esenciales, lo cual conduce a una distorsión de la información.
Redundancia	En algunas representaciones gráficas de información, la información es visualizada en vías superfluas que desordenan la visualización innecesariamente.
Tarea de ajuste	La falta de ajuste apropiado entre la tarea y la representación visual puede ser engañosa.
Tecnología/ plantillas preestablecidas	Algunas visualizaciones están basadas en formas pre-definidas o plantillas que no son adecuadas para las tareas de comunicación ni para la representación de información.
Tiempo consumido para producir	Producir una visualización puede tomar una cantidad desproporcionada de tiempo con relación a la información que es comunicada.
Sin claridad	Un esbozo gráfico puede dejar demasiado campo para la interpretación, estimando su propósito o el mensaje principal.
Desnivelación	La visualización puede ser usada para privilegiar algunas actividades, mientras que otras no, obligando a los usuarios a generar ideas en una dirección.
COGNITIVA (DECODIFICANDO)	
Cambio de ceguera	Las transformaciones importantes en representaciones pueden pasar desapercibidas por los espectadores.
Canal de pensamiento	La visualización puede dirigir el pensamiento en una dirección impropia (causada por una metáfora o nivel de familiaridad).

Dependiendo de habilidades perceptuales	Las personas ven diferentemente, a merced del reconocimiento físico (ej., el daltonismo) y los factores culturales (la atención al primer plano o al fondo).	Inhibir conversación	Teniendo las contribuciones de uno visualizadas (por ejemplo, en un contexto grupal) se puede conducir a los participantes, siendo menos franco respecto a ciertos aspectos.
Dificultades para la comprensión	Muchas visualizaciones son inherentemente difíciles de comprender, porque esbozan muchas relaciones complejas, las que posiblemente no están óptimamente representadas.	Ritmo de congelación y descongelación	Una visualización puede hacer cierto punto de vista o idea demasiado rígida y fija, de tal manera que no deja condiciones adecuadas para inventar puntos de vista alternativos u opciones.
Enfocarse en ítems poco relevantes	Las representaciones visuales pueden acentuar sesgos en la toma de decisiones, al aumentar la atención en los atributos particulares o menos relevantes de la información diagnosticada.	Giro tomando alteración	Usar una representación gráfica para guiar una conversación en equipo puede afectar el cauce natural dentro de un grupo a favor de esos que directamente pueden cambiar esa visualización.
Altos requisitos sobre entrenamiento y recursos	El uso de ciertas imágenes o aplicaciones visuales requiere un entrenamiento extenso y una base amplia.	Desigual participación	El uso de visualizaciones en contextos grupales puede guiar a una desigual participación de los participantes.
Conocimiento de convenciones visuales	El conocimiento de convenciones visuales (ej., leer de izquierda a derecha o en la dirección horaria) son habilidades aprendidas, no habilidades naturales.	SOCIAL (DECODIFICANDO)	
Mal uso	La visualización puede servir para un propósito, para el cual no fue concebida o adecuada.	Comportamiento alterado	El uso de visualizaciones en interacción grupal puede afectar el comportamiento típico del usuario.
Sobrecarga	Algunos bosquejos gráficos sobrecargan los sentidos del espectador, al presentar excesivos elementos visuales al mismo tiempo.	Diferencias culturales e interculturales	El significado de símbolos y colores no es universal, y por lo tanto, algunas representaciones gráficas pueden estar mal interpretadas en otros contextos culturales.
Materialización	Tendencia a considerar conceptos abstractos como concretos, por ejemplo, atribuir propiedades de un objeto material a un determinado concepto abstracto.	Desenfoque desde interacción no verbal	En un grupo enfocado en una visualización central en un pizarrón o una pantalla puede substraerse la atención de los participantes mediante el lenguaje corporal y los gestos, que da información importante en relación a la forma de interpretar contribuciones verbales.
Prominencia errónea	El usuario se concentra en el asunto equivocado, por ejemplo, en la herramienta o en la apariencia visual, en lugar de en la tarea.	Diferentes perspectivas	Personas diferentes consideran asuntos desde distintos puntos de vista (ej., las personas de niveles organizativos diferentes).
EMOCIONAL (CODIFICANDO)		Ocultando diferencias de opinión	El uso de una visualización en un contexto grupal puede esconder diferencias individuales de opinión por la necesidad de encontrar una representación común.
Perturbador	Algunas imágenes pueden causar daño emocional al espectador.	Efecto novedad	El significado de una visualización no es interpretado en un vacío sino como parte de un contexto más amplio que depende de la exposición previa del usuario.
Aburrido	Algunas representaciones gráficas son percibidas como poco interesantes y no ayudan a enfocar la atención por una cantidad apropiada de tiempo.	Tiempo consumido para estar de acuerdo	Un grupo de discusión basado en visualización requiere más tiempo que la discusión verbal.
Mal uso del color	El inadecuado uso del color o de sus combinaciones puede hacer una imagen confusa o poco atractiva.	EMOCIONAL (DECODIFICANDO)	
Estrés visual	Una especie de patrones (rayados o brillando intermitentemente) pueden causar indisposición o trastornos en el espectador.	SOCIAL (CODIFICANDO)	
Preferencias personales	Algunas visualizaciones pueden recibir más atención que otras, no por su importancia, sino porque se acomodan a las preferencias cognitivas de un espectador particular.	Ofrecimiento de conflicto	Una visualización puede señalar el tipo equivocado de interactividad que se requiere para sus espectadores.
Precedente cognitivo y experiencia	Los dominios cognitivos previos en relación a la forma de interpretar el contenido y las experiencias positivas y negativas respecto a una visualización específica, influye en la disposición de las personas por su uso.	Jerarquía, ejercicio de poder	La política de uso de imágenes en escenarios colaborativos puede dar como resultado posibilidades desiguales a ciertas personas para contribuir (ej., a través del uso manipulador de visualizaciones transitorias, selección de facilitador, secuencia de contribuciones, etc.)

El número de inconvenientes de visualización de naturaleza cognitiva que se presentan en la Tabla 1, supera al número de inconvenientes de visualización de naturaleza social y emocional. Esto es debido a que la mayoría de los estudios existentes se han focalizado en los efectos cognitivos de la visualización, descuidando sus consecuencias sociales y emocionales (Bresciani y Eppler, 2015).

La categoría emocional se refiere al impacto más interno de la visualización en los sentimientos de los usuarios, mientras que la categoría social incluye los posibles inconvenientes causados por el uso colaborativo de las visualizaciones, aspectos que ligados a la categoría cognitiva pueden ser contemplados como base para ensanchar los márgenes de actuación de las Ciencias Pedagógicas en el contexto latinoamericano, en función de enriquecer la formación de profesionales universitarios, coadyuvando con su cultura visual.

D. Oportunidades pedagógicas de la visualización

Resulta de gran interés para el presente trabajo poder discernir las oportunidades pedagógicas que brinda la visualización de información y de conocimiento, para potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje, en el marco formativo de los futuros profesionales universitarios. En tal sentido se pueden destacar numerosas vertientes, destacándose:

- La apropiación, por parte de los estudiantes, de métodos y técnicas de visualización para el tratamiento de grandes volúmenes de datos, orientados a la elaboración de representaciones más asequibles que faciliten el acceso y la recuperación de información relevante de forma eficiente. Dentro estos métodos se pueden señalar los métodos matemáticos (numéricos, estadísticos, de optimización, geométricos, etc.), informáticos, minería de textos, análisis de contenidos, etc. Como técnicas destaca la construcción de tablas, gráficos, esquemas, diagramas, mapas conceptuales, mapas mentales, mapas estratégicos, mapas sinópticos, mapas dinámicos y modelos cognitivos, entre otros.
- Creación y transferencia de conocimientos entre los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje, soportado en mediadores didácticos que expresen lo que debe conocerse y comunicarse de manera intensiva y efectiva, es decir, representando de manera visual mayor cantidad de conceptos complejos y abstractos que los que pudieran representarse exclusivamente de manera verbal. En tal sentido se pueden destacar las potencialidades de estos mediadores, que por sus sistemas simbólicos y estrategias de utilización, propician la formación de habilidades cognitivas en los estudiantes en un contexto determinado, facilitando y estimulando la intervención mediada sobre la realidad, la captación y comprensión de la información y la creación de ambientes diferenciados que benefician los aprendizajes. Estos mediadores didácticos (impresos, audiovisuales, digitales, multimedia) se conciben tomando en cuenta el auditorio al que van dirigidos, y tienen fundamentos psicológicos, pedagógicos, comunicacionales y computacionales.
- Estímulo de la utilización de la visualización de información y de conocimiento en la resolución de problemas, facilitando la recuperación de información de la memoria del estudiante, al permitir la determinación y activación del conocimiento a emplear en la comprensión y solución del problema que se aborde. Esta visualización proporciona medios para comunicar ideas, ya sea en forma de símbolos escritos, dibujos, etc. En esta dirección debe tenerse en cuenta que la comunicación entre los sujetos resolutores es muy importante, porque puede provocar que aflore una serie de ideas y procedimientos que, sin duda, enriquecen el acervo de conocimientos y estrategias de quienes participan en la experiencia. Pero la comunicación también puede establecerse con uno mismo, y en ese caso, la exteriorización de la representación interna que del problema se tiene,

puede llevar a descubrir nuevos nexos y relaciones, al entrar en funcionamiento el sentido de la vista.

- Utilización de técnicas de visualización, bidimensionales, tridimensionales, multidimensionales, temporales, jerárquicas o de red, para descubrir patrones de comportamiento en el fenómeno o proceso que se estudia, así como utilizar la percepción iterativa, grupal o individual, para la elaboración de conocimientos sobre dicho fenómeno o proceso. Los patrones de comportamiento permiten concebir conjeturas que son el punto de partida para la solución de una variada gama de problemas.
- Empleo de modelos visuales en la concepción y planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje para identificar principios básicos (como los de la Gestalt) y conceptos esenciales, orientados a mejorar el proceso de visualización de información y de conocimiento durante la comunicación de mensajes pedagógicos.
- Fundamentación de nuevas competencias informacionales relacionadas con la visualización de información y de conocimiento que deben adquirir los estudiantes universitarios en formación, en dependencia de la carrera, para la resolución efectiva de problemas profesionales.
- Desarrollo de habilidades en los estudiantes, para desplegar estrategias efectivas de comunicación y aprendizaje, a partir del establecimiento de estrechas articulaciones funcionales entre visualizaciones típicas y sus correspondientes procesos verbales, logrando elaborar y comunicar de forma óptima la información o conocimiento relevante en diversos formatos.
- Utilización de la visualización de información y de conocimiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como base para dinamizar los procesos de gestión y tratamiento de información relacionados con la resolución de problemas profesionales.
- Potenciación del uso de sistemas computacionales de visualización por profesores y estudiantes universitarios que ayuden a la representación externa de la información, como base para amplificar, reforzar o aumentar su cognición sobre diferentes fenómenos o procesos bajo estudio.
- Fomento en el ámbito universitario de estudios pedagógicos encaminados a investigar la visualización de información y de conocimiento a partir de la compleja interacción estudiante-computador, develando los componentes didácticos (objetivo, contenido, método, medios de enseñanza, formas de organización y evaluación) y que ayuden a valorar la efectividad didáctica de las representaciones computacionales realizadas para contenidos específicos.
- Utilización, en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje, de diversas visualizaciones que sirvan como base para estimular en los estudiantes su participación en grupos de discusión con relación a diferentes temáticas, estimulando la generación de nuevas visualizaciones individuales y grupales.
- Concepción y planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje empleando la categorización presentada en

Bresciani y Eppler (2015) como un soporte para usuarios y productores de visualización (profesores o estudiantes), previniendo inconvenientes, errores y riesgos de visualización cognitivos, emocionales y sociales. Examinar los riesgos potenciales y los errores más comunes cometidos en la interpretación y en la creación de visualizaciones, lo que contribuirá a formar en los futuros profesionales universitarios una adecuada *cultura visual*.

El aprovechamiento de las oportunidades pedagógicas, precisadas desde el campo de la visualización de información y de conocimiento, puede ayudar a perfeccionar el actual proceso formativo de estudiantes universitarios, si se orientan las mismas hacia el reforzamiento de sus competencias informacionales para la resolución de problemas profesionales.

III. CONCLUSIONES

La actual sociedad de la información se caracteriza por la generación de grandes niveles de información compleja, proveniente de diversas fuentes, que se constituye en la materia prima fundamental para la elaboración de conocimiento susceptible a ser utilizado en el desarrollo de todas las esferas de actuación. Es así que se necesita de disponer de nuevas herramientas teórico-metodológicas que garanticen una gestión y tratamiento óptimo de dicha información, siendo el campo de la visualización de información y de conocimiento una alternativa válida que posibilita lograr una representación, comprensión y comunicación efectiva de la misma, y de la gran variedad de conceptos complejos y abstractos existentes, todo lo cual sería muy difícil si se adoptase exclusivamente una perspectiva verbal.

A pesar de la importancia de este campo multidisciplinar, en el ámbito latinoamericano no se han aprovechado suficientemente sus potencialidades desde las Ciencias Pedagógicas, para incidir en el perfeccionamiento de la formación de profesionales universitarios, lo que limita su desempeño exitoso en determinadas tareas informacionales durante la resolución de problemas. En tal sentido, se realizó una fundamentación de la noción de visualización de información y de conocimiento y se precisaron oportunidades pedagógicas que ayudan a potenciar el tratamiento de información y su comunicación efectiva, en el marco formativo de los citados profesionales universitarios.

La visualización de información y de conocimiento tiene un futuro muy prometedor para perfeccionar la formación de los profesionales universitarios, siempre que se aprovechen las oportunidades pedagógicas que ofrece este campo transdisciplinar.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por el Proyecto Universitario «La gestión del conocimiento en función del desarrollo local sostenible», Programa Universitario de Ciencia, Tecnología e Innovación, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. Desarrollado por miembros del Grupo de Investigación Didáctica de la Matemática y la Computación (GIDMAC).

REFERENCIAS

1. Andrews, K. (2016). Information Visualization. Course Notes. Graz University of Technology. Recuperado de: <http://courses.iicm.tugraz.at/ivis/ivis.pdf>
2. Brandes, U., Kenis, P. y Raab, J. (2005). La explicación a través de la visualización de redes. REDES: Revista hispana para el análisis de redes sociales, 9(6), pp. 1-19. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/redes/15790185v9/15790185v9a6.pdf>
3. Bresciani, S. y Eppler, M. J. (2015). The Pitfalls of Visual Representations: A Review and Classification of Common Errors Made While Designing and Interpreting Visualizations. SAGE Open, 5(4), pp. 1-14. doi: 10.1177/2158244015611451
4. Burkhard, R. A., y Meier, M. (2005). Tube Map Visualization: Evaluation of a Novel Knowledge Visualization Application for the Transfer of Knowledge in Long-Term Projects. J. UCS, 11(4), 473-494. Recuperado de: http://jucs.org/jucs_11_4/tube_map_visualization_evaluation/Burkhard_R_A.pdf
5. Card, S., Robertson, G., York, W. (1996). The WebBook and the Web Forager: an information workspace for the World-Wide Web. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, p. 111-ff. Canada: Vancouver, British Columbia.
6. Castells, M. (1997). La era de la información. Economía, sociedad y cultura (Vol. 1). La Sociedad Red. Madrid: Alianza Editorial, S. A.
7. Clemente, A., Cedeño, B. T., Valledor, R. F. y Valdés, P. R. (2014). Optimización del reconocimiento visual de palabras en procesos de enseñanza-aprendizaje: una aproximación desde las Neurociencias. Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación, 6(1), 139-154. Recuperado de: <http://runachayecuador.com/refcale/index.php/didascalia/article/download/273/231>
8. Corbetta, D., Imeri, F. and Gatti, R. (2015). Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. Journal of Physiotherapy, 61(3), pp. 117-124. doi: 10.1016/j.jphys.2015.05.017
9. de Vega, M. (2005). Introducción a la Psicología Cognitiva (Tomo I). La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
10. Gorina, A., Alonso, I., Salgado, A. y Álvarez, J. Á. (2014). La gestión de la información científica proporcionada por el criterio de expertos. Revista Ciencias de la Información, 45(2), pp. 39-47. Recuperado de: <http://cinfo.idict.cu/index.php/cinfo/article/download/638/491>
11. Gorina, A. y Alonso, I. (2013). Modelo de la dinámica formativa del procesamiento de la información en las investigaciones sociales. Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación, 4(1), pp. 31-56. Recuperado de: <http://www.runachayecuador.com/refcale/index.php/didascalia/article/viewFile/932/524>
12. Gorina, A. y Alonso, I. (2012). Un sistema de procedimientos metodológicos para perfeccionar el procesamiento de la información en las investigaciones sociales. Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación, 3(6), pp. 91-108. Recuperado de:

- <http://runachayecuador.com/refcale/index.php/didascalía/article/download/171/130>
13. Kandel, E. R., Schwartz, J. H. and Jessell, T. M. (2000). *Principles of Neural Science* (4th Edition). New York, USA: McGraw-Hill.
 14. Keim, D. A. (2002). Information Visualization and Visual Data Mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 7(1), pp. 100-107. Recuperado de: http://www.vis.uni-stuttgart.de/plain/vdl/vdl_upload/280_4_2002-Keim-Visualization.pdf
 15. Kosslyn, S.M., Holyoak, K.J. y Huffman, C. S. (1976). A processing approach to the dual coding hypothesis. *Journal of Exp. Psychol. Human Learning and Mem.*, 2(3), 223-233. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/5b5c/526ce90322f574a4820000c3a9684a056001.pdf>
 16. Leonardo, G. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales*, (18), pp. 89-96. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/res/n18/n18a10.pdf>
 17. Martínez, L. M. (2012). Modelos de visualización del conocimiento y su impacto en el aprendizaje significativo: Crónica de una experiencia de trabajo grupal en entornos virtuales. *RED: Revista de Educación a Distancia*, (31), pp. 1-10. Recuperado de: <http://www.um.es/ead/red/31/laura.pdf>
 18. Martín, Á. (2011). *Manual práctico de psicoterapia Gestalt* (3ra. Ed.). Desclee de Brouwer. Recuperado de: http://www.academia.edu/download/35962837/MANUAL_PRACTICO_DE_PSICOTERAPIA_GESTALT.pdf
 19. Monereo, C. y Badia, A. (2012). La competencia informacional desde una perspectiva psicoeducativa: enseñanza basada en la resolución de problemas prototípicos y emergentes. *Revista Española de Documentación Científica*, 35(monográfico), p. 75-99. doi: 10.3989/redc.2012.mono.978
 20. Monge, E., Molina, F., Alguacil, I. M., Cano, R., De Mauro, A., Míangolarra, J. C. (2014). Use of virtual reality systems as proprioception method in cerebral palsy: clinical practice guideline. *Neurología* 29 (9), pp. 550-559. doi: 10.1016/j.nrl.2011.12.004
 21. Monge, J. (2011). Visualización del conocimiento en la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial. En XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática. Comité Interamericano de Educación Matemática, Recife, Brasil. Recuperado de: http://ciaem-redumate.org/ocs/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewFile/2497/798
 22. Ojeda, A., Díaz, F. E., González, L. y Pinedo, N. P. (2008). El aprendizaje visual: un aporte de la Informática, Telemedicina, Salud e y Redes (TICs) a la educación. *Revista Médica Electrónica*, 30 (4). Recuperado de: <http://revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/530/html>
 23. Pedraza, M., Martín, S., Díaz, F. J. and Martínez, M. (2015). Rehabilitation using Kinect-based Games and Virtual Reality. *Proceedings in 2015 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education*. *Procedia Computer Science*, (75), 161 – 168. doi: 10.1016/j.procs.2015.12.233
 24. Picardo, O. J. (2002). Pedagogía informacional. Enseñar a aprender en la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, (3), pp. 1-13. Recuperado de: <http://www.terras.edu.ar/biblioteca/2/2PICARDO-JOAO-Oscar-Revista-IberoamericanaOEL.pdf>
 25. Pierri, N. (2005). Visualización de Información. (181) Las tesis de Belgrano. Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática. Universidad de Belgrano. Recuperado de: http://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/350/181_pierri.pdf?sequence=2&isAllowed=y
 26. Small, C., Stone, R., Pilsbury, J., Bowden, M. and Bion, J. (2015). Virtual restorative environment therapy as an adjunct to pain control during burn dressing changes: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* 16 (329). doi: 10.1186/s13063-015-0878-8.
 27. Spence, R. (2001). *Information Visualization* (Vol. 1). New York: Addison-Wesley.
 28. Stephen, M., Franklin, W., Patrick, O., Peter, A. y Elizabeth, A. (2012). Classifying Program Visualization Tools to Facilitate Informed Choices: Teaching and Learning Computer Programming. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, 3 (2), pp. 42-48. Recuperado de: http://www.academia.edu/download/35657285/Classifying_PV_tools.pdf
 29. Torres, D. P. (2010). La visualización de la información en el entorno de la Ciencia de la Información. Tesis Doctoral. Editorial de la Universidad de Granada, España. Recuperado de: <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/15416/1/19565409.pdf>
 30. Torres, D. P. (2009). Aproximaciones a la visualización como disciplina científica. *ACIMED*, 20(6), pp.161-174. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v20n6/aci051209.pdf>
 31. Torres, D. P. y Ponjuam, G. D. (2010). Influencias ergonómicas en la visualización de la información. *Inf. Inf., Londrina*, 15(1), pp. 17-36. Recuperado de: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/viewFile/3895/5871>
 32. Yi, J. S., Ah Kang, Y., Stasko, J. y Jacko, J. (2007). Toward a deeper understanding of the role of interaction in information visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(6), pp. 1224-1231. Recuperado de: <http://www.cs.tufts.edu/comp/250VA/papers/yi2007toward.pdf>
 33. Van Wijk, J. J. (2006). Views on Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 12 (4), pp. 421-432. doi: 10.1109/TVCG.2006.80
 34. Ware, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design* (2th Ed.). San Francisco, USA: Morgan Kaufmann, Elsevier.
 35. Williams, J. G., Sochats, K. M. y Morse, E. (1995). Visualization. *Annual Review of Information Science and Technology*, 30, pp. 161-207.